

**Electromagnetic actuator to operate gas change valve of internal combustion engine; has electromagnets and spring mechanism to adjust valve connected to armature between two end positions**

**Patent number:** DE10003928  
**Publication date:** 2001-06-07  
**Inventor:** BAIER KARLHEINZ (DE); WUNDERLICH HORST (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F01L9/04  
- **European:** F01L9/04  
**Application number:** DE20001003928 20000129  
**Priority number(s):** DE20001003928 20000129; DE19991056579 19991125

**Abstract of DE10003928**

The actuator has electromagnets (6,7) to move a gas change valve (5) connected to an armature (8) between two end positions. A spring mechanism acts on the gas change valve. The armature is between the end positions when the spring mechanism is in its balanced state. Permanent magnets (27a,b,28a,b) act on the gas change valve in at least one end position area and act against the electromagnets drawing the armature into the end positions.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 03 928 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**F 01 L 9/04**

⑳ Aktenzeichen: 100 03 928.6  
㉔ Anmeldetag: 29. 1. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 7. 6. 2001

**DE 100 03 928 A 1**

⑥6 Innere Priorität:  
199 56 579. 1      25. 11. 1999

⑦1 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Baier, Karlheinz, Dipl.-Ing., 73760 Ostfildern, DE;  
Wunderlich, Horst, Dr.-Ing., 72184 Eutingen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 198 38 118 A1  
DE 39 20 978 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektromagnetischer Aktuator

⑤7 Die Erfindung geht aus von einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine mit einer elektromagnetischen Einheit, über die ein mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung stehender Anker zwischen zwei Endstellungen verschiebbar ist, und mit einem auf das Gaswechselventil wirkenden Federmechanismus, in dessen Gleichgewichtslage sich der Anker zwischen den Endstellungen befindet, und mit zumindest einem in wenigstens einem Bereich einer Endstellung auf das Gaswechselventil wirkenden Permanentmagneten.  
Es wird vorgeschlagen, daß der Permanentmagnet im Bereich der Endstellung entgegen die den Anker in die Endstellung ziehende elektromagnetische Einheit wirkt.

**DE 100 03 928 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Aktuator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Elektromagnetische Aktuatoren zum Betätigen von Gaswechselventilen besitzen in der Regel eine elektromagnetische Einheit mit zwei Elektromagneten, einem Öffnungsmagneten und einem Schließmagneten, zwischen deren Polflächen ein Anker coaxial zu einer Ventilachse verschiebbar angeordnet ist. Der Anker wirkt direkt oder über einen Ankerschaft auf einen Ventilschaft des Gaswechselventils. Bei Aktuatoren nach dem Prinzip des Massenschwingers wirkt ein vorgespannter Federmechanismus auf den Anker. Als Federmechanismus dienen meist zwei vorgespannte Ventildfedern, von denen eine obere Ventildfeder das Gaswechselventil in Öffnungsrichtung und eine untere Ventildfeder das Gaswechselventil in Schließrichtung belastet. Bei nicht erregten Elektromagneten wird der Anker durch die Ventildfedern in einer Gleichgewichtslage zwischen den Polflächen gehalten. Die Ventildfedern können gemeinsam auf einer Seite oder jeweils getrennt voneinander auf beiden Seiten der Elektromagnete angeordnet sein.

In geschlossener Stellung des Gaswechselventils liegt der Anker an der Polfläche des bestromten Schließmagneten an und wird von diesem gehalten. Der Schließmagnet spannt die in Öffnungsrichtung wirkende Ventildfeder weiter vor. Um das Gaswechselventil zu öffnen, wird der Schließmagnet ausgeschaltet und der Öffnungsmagnet eingeschaltet. Die in Öffnungsrichtung wirkende Ventildfeder beschleunigt den Anker über die Gleichgewichtslage hinaus, so daß dieser von dem Öffnungsmagneten angezogen wird. Der Anker schlägt auf die Polfläche des Öffnungsmagneten auf und wird von diesem gehalten. Um das Gaswechselventil wieder zu schließen, wird der Öffnungsmagnet ausgeschaltet und der Schließmagnet eingeschaltet. Die in Schließrichtung wirkende Ventildfeder beschleunigt den Anker über die Gleichgewichtslage hinaus zum Schließmagneten. Der Anker wird vom Schließmagneten angezogen, schlägt auf die Polfläche des Schließmagneten auf und wird von diesem gehalten.

Um beim Start der Brennkraftmaschine den Anker aus der Gleichgewichtslage anzuziehen, wird entweder der Schließmagnet oder der Öffnungsmagnet kurzzeitig übererregt oder der Anker mit einer Anschwingroutine mit seiner Resonanzfrequenz in Schwingung versetzt.

Aus der DE 35 00 530 A1 ist ein gattungsbildender Aktuator bekannt. Der Aktuator besitzt zwei Elektromagnete mit jeweils einer Erregerspule. Jedem Elektromagnet ist ein Permanentmagnet zugeordnet. Die Elektromagnete und die Permanentmagnete wirken auf einen Anker, der zwischen Polflächen der Elektromagnete axial verschiebbar angeordnet und mit einem Ventilschaft fest verbunden ist. Auf den Anker und damit auf das Gaswechselventil drücken in entgegengesetzter Richtung zwei Ventildfedern. Die Permanentmagnete halten den Anker in den Endlagen bzw. in einer Schließstellung und in einer Öffnungsstellung. Die Haltekraft der Permanentmagnete wird zur Auslösung der Ventilebewegung durch Erregung des zugeordneten Elektromagneten aufgehoben, und zwar durch ein dem Magnetfeld des Permanentmagneten entgegengerichtetes magnetisches Gleichfeld, so daß der Anker und damit das Gaswechselventil unter der Wirkung der jeweils vorgespannten Feder sowie der Anzugskraft des jeweils anderen Permanentmagneten in die andere Endlage überführt wird.

Ferner ist aus der DE 197 12 293 A1 ein Aktuator mit zwei Elektromagneten bekannt, wobei nur einem der Elektromagnete ein Permanentmagnet zugeordnet ist. Die Elektromagnete sind in Reihe oder parallel zueinander angeord-

net. Bei unbestromten Elektromagneten liegt ein Anker an dem Elektromagneten an, dem der Permanentmagnet zugeordnet ist. Werden die Elektromagnete bestromt, wird die Anziehungskraft des Permanentmagneten durch den Elektromagneten neutralisiert, dem der Permanentmagnet zugeordnet ist. Der zweite Elektromagnet zieht den Anker an seine Polfläche an. Wird der Strom durch die Elektromagnete abgeschaltet, zieht der Permanentmagnet den Anker zurück in seine Ausgangslage.

Um ein sicheres Öffnen und Schließen des Gaswechselventils zu erreichen, muß zum einen der Anker in seinen Endstellungen sicher gefangen werden können. Hierfür sind die Ventildfedern und die Magnete so aufeinander abzustimmen, daß die Anziehungskräfte der Magnete, die entgegenwirkenden Spannkraften der Ventildfedern im Bereich der Endstellungen übersteigen. Um eine große Auftreffgeschwindigkeit und ein Abprallen sicher zu vermeiden und einen geringen Verschleiß und Energieaufwand zu erreichen, sollten die Anziehungskräfte der Magnete die Spannkraften jedoch nur im begrenzten Maße übersteigen.

Zum anderen muß das Gaswechselventil sicher gegen einen Gasdruck in einem Zylinder geöffnet werden können. Hierfür ist insbesondere zu Beginn des Öffnungshubs eine große Kraft erforderlich, wodurch bei den gattungsbildenden Aktuatoren zumindest eine in Öffnungsrichtung wirkende Ventildfeder mit einer hohen Federsteifigkeit verwendet werden muß. Die auf den Anker wirkende Anziehungskraft des Magneten nimmt kurz vor der Endstellung stark zu, im Gegensatz zur Federkraft, die bei gewöhnlich verwendeten Ventildfedern nahezu linear ansteigt. Aufgrund der gewünschten, gering größeren Anziehungskraft des Magneten ergibt sich dadurch nur ein besonders kleiner Bereich bzw. eine kleine Strecke vor der Endstellung, in der die Anziehungskraft des Magneten die Spannkraft der Ventildfeder übersteigt und der Anker sicher gefangen wird. Die Elektromagnete sind dadurch besonders exakt anzusteuern und durch den sehr kleinen Bereich vor dem anziehenden Magneten, in dem die Anziehungskraft die Spannkraft übersteigt, kann das Flugverhalten und insbesondere die Geschwindigkeit des Ankers über den Elektromagneten nur begrenzt geregelt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gattungsbildenden Aktuator weiterzuentwickeln und insbesondere die Regelbarkeit zu verbessern und den Energiebedarf zu reduzieren. Sie wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung geht aus von einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine mit einer elektromagnetischen Einheit, über die ein mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung stehender Anker zwischen zwei Endstellungen verstellbar ist, und mit einem auf das Gaswechselventil und/oder den Aktuator wirkenden Federmechanismus, in dessen Gleichgewichtslage sich der Anker zwischen den Endstellungen befindet. Ferner besitzt der Aktuator zumindest einen in wenigstens einem Bereich einer Endstellung auf das Gaswechselventil wirkenden Permanentmagneten.

Es wird vorgeschlagen, daß eine Permanentmagnetanordnung im Bereich der Endstellung entgegen die den Anker in die Endstellung ziehende elektromagnetische Einheit wirkt. Die elektromagnetische Einheit besitzt in der Regel zwei Elektromagnete, und zwar einen in Schließrichtung und einen in Öffnungsrichtung mit einer Anziehungskraft auf den Anker wirkenden Elektromagneten, kann jedoch auch nur aus einem Elektromagneten bestehen. Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß ein Permanentmagnet wie der entsprechende Elektromagnet kurz vor der Endlage eine

stark ansteigende Wirkung auf den Anker besitzt. Ist die Wirkung der Permanentmagnetanordnung der Wirkung des entsprechenden Elektromagneten entgegengerichtet, kann der starke Anstieg der Anziehungskraft des Elektromagneten im Bereich der Endstellung ausgeglichen werden. Der Bereich bzw. eine Strecke vor dem anziehenden Elektromagneten, in der die Anziehungskraft des Elektromagneten die Summe der entgegenwirkenden Kräfte übersteigt und der Anker sicher gefangen wird, kann groß ausgeführt und dadurch die Regelbarkeit verbessert werden, ohne daß in der Endstellung die Anziehungskraft im Verhältnis zur entgegenwirkenden Kraft vergrößert werden muß.

Eine vorteilhafte Permanentmagnetanordnung wirkt im Bereich der Endstellung auf die gleiche Weise und in dieselbe Richtung wie der Federmechanismus als ein Umschwingmechanismus für das Stellorgan bzw. für den Aktuator. Eine Kraft der Permanentmagnetanordnung und eine Kraft des Federmechanismus addieren sich zu einer resultierenden, dem Elektromagneten entgegenwirkenden Kraft auf. Dadurch entsteht ein wirksamer Umschwingmechanismus, der sich aus zwei gleichsinnig wirkenden Teilsystemen, nämlich des Federmechanismus und der Permanentmagnetanordnung zusammensetzt. Dadurch kann eine kostengünstige Ventulfeder mit geringen Abmessungen, einer kleinen Federsteifigkeit und einer geringen Nichtlinearität eingesetzt werden. Bei einer geeigneten Auslegung von Ventulfeder, Permanentmagnetanordnung und Elektromagnet kann insbesondere zu Beginn eines Öffnungshubs eine große Kraft in Öffnungsrichtung und damit ein besonders sicheres Öffnen des Gaswechselventils gegen einen Gasdruck in einem Zylinder erreicht werden. Durch die Wahl und Abstimmung von Ventulfedern, Permanentmagnetanordnung und Elektromagnet ergibt sich ein zusätzlicher Optimierungsspielraum, insbesondere kann der erfindungsgemäße Effekt mit einem Federmechanismus verstärkt werden, der zumindest in Schließrichtung ab seiner Gleichgewichtslage eine progressiv ansteigende Federkennlinie aufweist. Ferner kann der Energieaufwand des Aktuators reduziert werden. Eine mögliche Ausführung einer solchen Permanentmagnetanordnung besteht aus zwei abstoßend wirkenden Permanentmagneten, von denen einer an einem ruhenden Teil des Aktuators (z. B. einem Elektromagneten) und einer an einem bewegten Teil des Aktuators (z. B. einem Anker) angeordnet ist. Ein weiterer Vorteil einer solchen Permanentmagnetanordnung ist, daß ein Kleben bzw. Aneinanderhaften der Permanentmagnete in jedem Fall vermieden werden kann.

Ein oder mehrere einzelne Permanentmagnete einer Permanentmagnetanordnung können an verschiedenen Stellen ruhend und/oder an einem sich mit dem Gaswechselventil bewegenden Bauteil angeordnet sein und auf verschiedene, dem Fachmann als sinnvoll erscheinende Bauteile wirken. In einer Ausgestaltung wird vorgeschlagen, daß eine Permanentmagnetanordnung nicht am Elektromagneten oder am Anker angeordnet ist und damit eine zusätzliche Komponente des Stellorgans bildet. Dabei ist mindestens ein Permanentmagnet beweglich angeordnet und mit dem beweglichen Stellmechanismus verbunden. Der Permanentmagnet wirkt auf mindestens ein weiteres, vom Anker getrenntes, ruhendes Bauteil. Die Permanentmagnetanordnung kann axial oder radial versetzt vom Ankerelement auf verschiedene Weise konstruktiv angeordnet und ausgeführt werden. Ein Anschlagen des Permanentmagneten gegen ein weiteres Bauteil bzw. ein Aufschlagen eines Bauteils auf dem Permanentmagneten kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen vermieden und ein dadurch bedingter Verschleiß des Permanentmagneten sicher verhindert werden. Das Anschlagen und Kleben der Permanentmagnete kann bei dieser

Anordnung beispielsweise dadurch verhindert werden, daß der Abstand zwischen Bauteil und bewegten Permanentmagneten größer als der Abstand zwischen Elektromagnet und Anker gewählt wird. Das zusätzliche Bauteil kann von einem dem beweglichen Permanentmagneten entgegengerichteten Permanentmagneten oder von einem Bauteil gebildet sein, daß von einem Elektromagneten entsprechend gepolt ist. Vorteilhafterweise sind die Permanentmagnete bei dieser Anordnung mit geeigneten Fassungen versehen oder an geeigneten Aufnahmeelementen befestigt.

Um zusätzliche Bauteile und insbesondere zusätzlichen Bauraum zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten, wirkt die Permanentmagnetanordnung vorteilhaft auf den Anker. Dabei kann ein Permanentmagnet am Anker und/oder am Elektromagneten befestigt sein. Vorteilhaft ist eine Anordnung mit einem Permanentmagneten am Elektromagneten und einem gegenüberliegenden Permanentmagneten am Anker, die abstoßend aufeinander wirken. Dabei sind die Permanentmagnete so angeordnet, daß sie der Wirkung des Elektromagneten während der Annäherung des Ankers entgegenwirken.

Es kann jeweils eine Permanentmagnetanordnung dem in Öffnungsrichtung wirkenden Aktuatorelement und/oder dem in Schließrichtung wirkenden Aktuatorelement zugeordnet werden. Die in Öffnungs- oder Schließrichtung wirkenden Permanentmagnetanordnungen können gleich oder unterschiedlich ausgelegt werden. Werden der Schließ- und Öffnungsrichtung jeweils eine Permanentmagnetanordnung zugeordnet, kann vorteilhaft eine weitgehend symmetrische Einheit geschaffen werden. Der Einstellaufwand kann klein gehalten und es können mehrere gleiche Bauteile verwendet werden, beispielsweise zwei gleiche, entgegengesetzt wirkende Ventulfedern usw.

In einer weiteren Anordnung ist jedoch der Permanentmagnet im Bereich des Elektromagneten angeordnet und besitzt ein dem Elektromagneten entgegengerichtetes Magnetfeld, das auf den vom Elektromagneten gepolten Anker abstoßend wirkt. Der Permanentmagnet kann einstückig ausgeführt und Bauteile, Bauraum und Montageaufwand können eingespart werden. Ferner ist ein sich mit dem Gaswechselventil bewegendes Permanentmagnet vermeidbar.

Wird die erfindungsgemäße Wirkung des Permanentmagneten dadurch erreicht, daß dieser während der Annäherungsphase des Ankers an den Elektromagneten ein dem Elektromagneten entgegengerichtetes Magnetfeld besitzt, das auf den vom Elektromagneten gepolten Anker abstoßend wirkt, kann vorteilhaft erreicht werden, daß der Permanentmagnet im Bereich der Endstellung bei aktiviertem Elektromagneten abstoßend auf den Anker wirkt und bei unbestromtem Elektromagneten anziehend auf den Anker wirkt.

Ist ausschließlich dem in Schließrichtung wirkenden Elektromagneten ein Permanentmagnet zugeordnet oder zumindest ein stärkerer Permanentmagnet als dem in Öffnungsrichtung wirkenden Elektromagneten, verschiebt der Permanentmagnet das Gaswechselventil in Schließrichtung. Durch nur einen Permanentmagneten können die zuvor ausgeführten erfindungsgemäßen Vorteile erreicht werden, und zwar insbesondere eine große Öffnungskraft zu Beginn des Öffnungshubs, und zudem kann Energie beim Start bzw. beim Anschwingen des Aktuators eingespart werden.

Ist die Anziehungskraft des Permanentmagneten stärker als die Spannkraft der in Öffnungsrichtung wirkenden Ventulfeder, kann vorteilhaft der Permanentmagnet dazu genutzt werden, das Gaswechselventil bei unbestromten Elektromagneten in seiner Schließstellung zu halten. Der Aktuator kann dadurch günstig ohne Anschwingroutine gestartet werden. Ferner sind im geschlossenen Zustand des Gaswechsel-

ventils Ventilteller, Ventilsitz und Zylinder vorteilhaft vor äußeren Einflüssen geschützt, wie beispielsweise vor Kondenswasser. Die erfindungsgemäßen Permanentmagnetanordnungen können sowohl für lineare als auch für rotatorische Aktuatoranforderungen eingesetzt werden.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Darstellungen in den Zeichnungen beziehen sich beispielhaft auf lineare Aktuatoren. Sie können jedoch auf einfache Weise auf rotatorische Aktuatoren übertragen werden. Die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigt:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Aktuator im Längsschnitt,

Fig. 2 ein Diagramm, in dem über einem Hub eines Gaswechselventils Kräfte aufgetragen sind, die auf einen Anker des Aktuators aus Fig. 1 wirken,

Fig. 3 eine Variante eines Aktuators nach Fig. 1 mit nur einem Permanentmagneten und

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Variante nach Fig. 1 mit axial versetzt angeordneten Permanentmagneten.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit einem in einem Kurbelgehäuse 1 geführten Hubkolben 2 und einem am Kurbelgehäuse 1 abschließenden Zylinderkopf 3. Im Zylinderkopf 3 ist in einem Arbeitsraum 4 ein Ventiltrieb mit einem erfindungsgemäßen elektromagnetischen Aktuator zum Betätigen eines Gaswechselventils 5 angeordnet. Der Aktuator besitzt eine elektromagnetische Einheit mit einem ersten, in Öffnungsrichtung 14 mit einer Zugkraft wirkenden Elektromagneten 6 und einem zweiten, in Schließrichtung 16 mit einer Zugkraft wirkenden Elektromagneten 7, zwischen denen ein Anker 8 koaxial verschiebbar angeordnet ist. Der Anker 8 wirkt über einen in einer Ankerschaftführung 9 geführten Ankerschaft 10 und über ein hydraulisches Spielausgleichselement 11 auf einen Ventilschaft 12, der in einer Schaftführung 13 im Zylinderkopf 3 geführt ist. Ferner wirkt auf den Ventilschaft 12 ein Federmechanismus mit einer oberen, in Öffnungsrichtung 14 wirkenden Ventildfeder 15 und einer unteren, in Schließrichtung 16 wirkenden Ventildfeder 17. Die in Öffnungsrichtung 14 wirkende Ventildfeder 15 ist auf der dem Gaswechselventil 5 abgewandten Seite des in Schließrichtung 16 wirkenden Elektromagneten 7 angeordnet, stützt sich an einem Deckel 18 ab und wirkt über eine Federauflage 19 auf einen Federschaft 20, der über eine Schaftführung 21 im Elektromagneten 7 geführt ist und mit einer Stirnseite 22 auf eine Stirnseite 23 des Ankerschafts 10 wirkt. Die in Schließrichtung 16 wirkende Ventildfeder 17 ist in einem Federraum 24 auf der dem Gaswechselventil 5 zugewandten Seite des in Öffnungsrichtung 14 wirkenden Elektromagneten 6 angeordnet, stützt sich über einen Ring 25 am Zylinderkopf 3 ab und wirkt über eine Federauflage 26 in Schließrichtung 16 auf den Ventilschaft 12.

Jedem Elektromagnet 6, 7 ist ein Permanentmagnet 27a, 28a und jeder einem Elektromagneten gegenüberliegenden Seite des Ankers 8 ist ein Permanentmagnet 27b, 28b zugeordnet. Die Permanentmagnete 27a und 27b stoßen sich ab. Gleiches gilt für die Permanentmagnete 28a und 28b. Die Permanentmagnete 27a, 27b, 28a, 28b sind beispielsweise ringförmig und konzentrisch zur Längsachse des Aktuators angeordnet. Bei nicht erregten Elektromagneten 6, 7 wird der Anker 8 durch die Ventildfedern 15, 17 in einer Gleichgewichtslage 47 zwischen den Polflächen der Elektromagnete 6, 7 gehalten (Fig. 2). Die Permanentmagnetanordnungen

27a, 27b und 28a, 28b wirken jeweils mit einer gleichen Kraft auf den Anker 8, wodurch deren Wirkungen sich gegenseitig aufheben. Um beim Start der Brennkraftmaschine den Anker 8 aus der Gleichgewichtslage 47 anzuziehen, wird entweder der in Schließrichtung 16 oder der in Öffnungsrichtung 14 wirkende Elektromagnet 6, 7 kurzzeitig übererregt oder der Anker 8 mit einer Anschwingroutine mit seiner Resonanzfrequenz in Schwingung versetzt.

In geschlossener Stellung liegt der Anker 8 an der Polfläche des mit einer Zugkraft in Schließrichtung 16 wirkenden Elektromagneten 7 an und wird von diesem gehalten. Der Elektromagnet 7 spannt die in Öffnungsrichtung 14 wirkende Ventildfeder 15 weiter vor. Gleichzeitig wird dadurch die maximale, abstoßende Kraft zwischen den Permanentmagneten 27a und 27b erreicht. Aufgrund des großen Luftspalts ist in dieser Stellung die Wirkung der Permanentmagnetanordnung 28a, 28b gering. Das Gaswechselventil 5 verschließt mit seinem Ventilteller 33 einen Auslaßkanal 34 an einem Ventilsitzring 35. Um das Gaswechselventil 5 zu öffnen, wird der in Schließrichtung 16 wirkende Elektromagnet 7 ausgeschaltet und der in Öffnungsrichtung 14 wirkende Elektromagnet 6 eingeschaltet. Die in Öffnungsrichtung 14 wirkende Ventildfeder 15 und die ebenfalls in Öffnungsrichtung wirkende Permanentmagnetanordnung 27a, 27b beschleunigen den Anker 8 über die Gleichgewichtslage 47 hinaus, so daß dieser von dem in Öffnungsrichtung 14 wirkenden Elektromagneten 6 angezogen wird. Der Anker 8 schlägt auf die Polfläche des Elektromagneten 6 auf und wird von diesem gehalten. Das Gaswechselventil 5 ist geöffnet und in einem Auslaßtakt kann Abgas über den Kolben 2 in den Auslaßkanal 34 ausgeschoben werden. Um das Gaswechselventil 5 wieder zu schließen, wird der Elektromagnet 6 ausgeschaltet und der in Schließrichtung 16 wirkende Elektromagnet 7 eingeschaltet. Die in Schließrichtung 16 wirkende Ventildfeder 17 und die ebenfalls in Schließrichtung wirkende Permanentmagnetanordnung 28a, 28b beschleunigen den Anker 8 über die Gleichgewichtslage 47 hinaus zum Elektromagneten 7. Der Anker 8 wird vom in Schließrichtung 16 wirkenden Elektromagneten 7 angezogen, schlägt auf die Polfläche des Elektromagneten 7 auf und wird von diesem gehalten.

Erfindungsgemäß wirkt die Permanentmagnetanordnung 27a, 27b im Bereich der Schließstellung 48 entgegen dem anziehenden Elektromagneten 7 und die Permanentmagnetanordnung 28a, 28b im Bereich der Öffnungsstellung 49 entgegen dem anziehenden Elektromagneten 6 jeweils abstoßend auf den Anker 8. Die Permanentmagnete 27, 28 besitzen jeweils ein den Elektromagneten 6, 7 entgegengerichtetes Magnetfeld, das auf den von den Elektromagneten 7 gepolten Anker 8 abstoßend wirkt.

Aus Fig. 2 ist zu erkennen, daß die Permanentmagnete 27, 28 wie die Elektromagnete 6, 7 kurz vor den Endstellungen 48, 49 jeweils eine stark ansteigende Wirkung auf den Anker 8 besitzen. Durch die entgegengesetzten Wirkungen bzw. Kräfte 43, 44 der Permanentmagnete 27, 28 wird ein starker Anstieg der Anziehungskräfte 37, 38 der Elektromagnete 6, 7 ausgeglichen. Die Kräfte 43, 44 der Permanentmagnetanordnungen 27a, 27b bzw. 28a, 28b wirken jeweils im Bereich der Endstellungen 48, 49 in dieselbe Richtung wie der Federmechanismus und addieren sich mit diesen zu resultierenden, den Elektromagneten 6, 7 entgegenwirkenden Kräften 39, 40 auf. Bereiche bzw. Strecken 36 vor den jeweiligen Endstellungen 48, 49, in denen die Anziehungskräfte 37, 38 der Elektromagnete 6, 7 die entgegenwirkenden Kräfte 39, 40 übersteigen und der Anker 8 sicher gefangen wird, können groß ausgeführt und es kann die Regelbarkeit verbessert werden, ohne daß die Anziehungskräfte 37, 38 im Verhältnis zu den entgegenwirkenden Kräften 39, 40

in den Endstellungen 48, 49 vergrößert werden müssen. Mit kostengünstigen Ventillfedern 15, 17 mit jeweils kleinen Federsteifigkeiten und nahezu linearen Federkennlinien 41, 42 wird insbesondere zu Beginn des Öffnungshubs eine große Kraft 39 in Öffnungsrichtung 14 und damit ein besonders sicheres Öffnen des Gaswechselventils 5 erreicht. Zum Vergleich sind Federkennlinien 45, 46 in Fig. 2 gestrichelt dargestellt, mit denen eine gleich große Öffnungskraft in der Endstellung 48 erreicht werden kann. Um zu vermeiden, daß die Permanentmagnete 27a, 27b, 28a, 28b durch das Aufschlagen des Ankers 8 auf den Polflächen der Elektromagnete 6, 7 verschlissen werden, sind diese mit einem axialen Abstand zu den Polflächen in Nuten angeordnet. Dadurch wird zusätzlich die mögliche Klebwirkung bei abgeschalteten Elektromagneten vermindert.

In Fig. 3 ist ein alternativer Aktuator mit nur einem Permanentmagneten 29 dargestellt, der dem in Schließrichtung 16 wirkenden Elektromagneten 7 zugeordnet ist. Im wesentlichen gleichbleibende Bauteile sind in den dargestellten Ausführungsbeispielen grundsätzlich mit den gleichen Bezugszeichen beziffert. Bezüglich der grundlegenden Funktionsweise kann auf die Beschreibung zu dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 verwiesen werden. Der Permanentmagnet 27 besitzt ein dem in Schließrichtung 16 wirkenden Elektromagneten 7 entgegengerichtetes Magnetfeld und wirkt bei aktiviertem Elektromagneten 7 abstoßend auf den vom Elektromagneten 7 entsprechend gepolten Anker 8 und bei unbestromten Elektromagneten 6, 7 anziehend auf den Anker 8. Bei unbestromten Elektromagneten 6, 7 wird der Anker 8 bzw. das Gaswechselventil 5 durch den Permanentmagneten 29 in seiner Schließstellung 48 gehalten.

In Fig. 4 ist schematisch ein Aktuator dargestellt, bei dem ein Permanentmagnet 30 auf Bauteile 31, 32 wirkt, die getrennt vom Anker 8 ausgeführt sind. Dargestellt ist das Beispiel einer axial zum Ankerelement versetzten Permanentmagnetanordnung. Die Bauteile 31, 32 werden von Permanentmagneten gebildet, die ortsfest, axial versetzt zu den Elektromagneten 6, 7 angeordnet sind. Der Permanentmagnet 30 ist auf dem Federschaft 20 befestigt und folgt bzw. unterstützt die axiale Bewegung des Gaswechselventils 5 und wirkt auf die Bauteile 31, 32 abstoßend. Die Bauteile 31, 32 besitzen einen größeren axialen Abstand als die Elektromagnete 6, 7, wodurch ein Aufschlagen und Kleben des Permanentmagneten 30 auf den Bauteilen 31, 32 und ein dadurch bedingter Verschleiß des Permanentmagneten 30 und der Bauteile 31, 32 vermieden wird.

#### Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine mit einer elektromagnetischen Einheit, über die ein mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung stehender Anker zwischen zwei Endstellungen verstellbar ist, und mit einem auf das Gaswechselventil wirkenden Federmechanismus, in dessen Gleichgewichtslage sich der Anker zwischen den Endstellungen befindet, und mit zumindest einem in wenigstens einem Bereich einer Endstellung auf das Gaswechselventil wirkenden Permanentmagneten, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (27a, 27b, 28a, 28b, 29, 30) im Bereich der Endstellung (48, 49) entgegen die den Anker (8) in die Endstellung (48, 49) ziehende elektromagnetische Einheit (6, 7) wirkt.
2. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (30) auf zumindest ein vom Anker (8) getrenntes Bauteil (31, 32) wirkt.

3. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (27a, 28a, 29) auf den Anker (8) wirkt.

4. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (27a, 28a, 29) bei unbestromter elektromagnetischer Einheit (6, 7) anziehend auf den Anker (8) wirkt.

5. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (29) bei unbestromter elektromagnetischer Einheit (6, 7) das Gaswechselventil (5) in Schließrichtung (16) verschiebt.

6. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Permanentmagnet (29) bei unbestromter elektromagnetischer Einheit (6, 7) das Gaswechselventil (5) in seiner Schließstellung (48) hält.

7. Elektromagnetischer Aktuator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Federmechanismus zumindest in Schließrichtung (16) ab seiner Gleichgewichtslage eine progressiv ansteigende Federkennlinie aufweist.

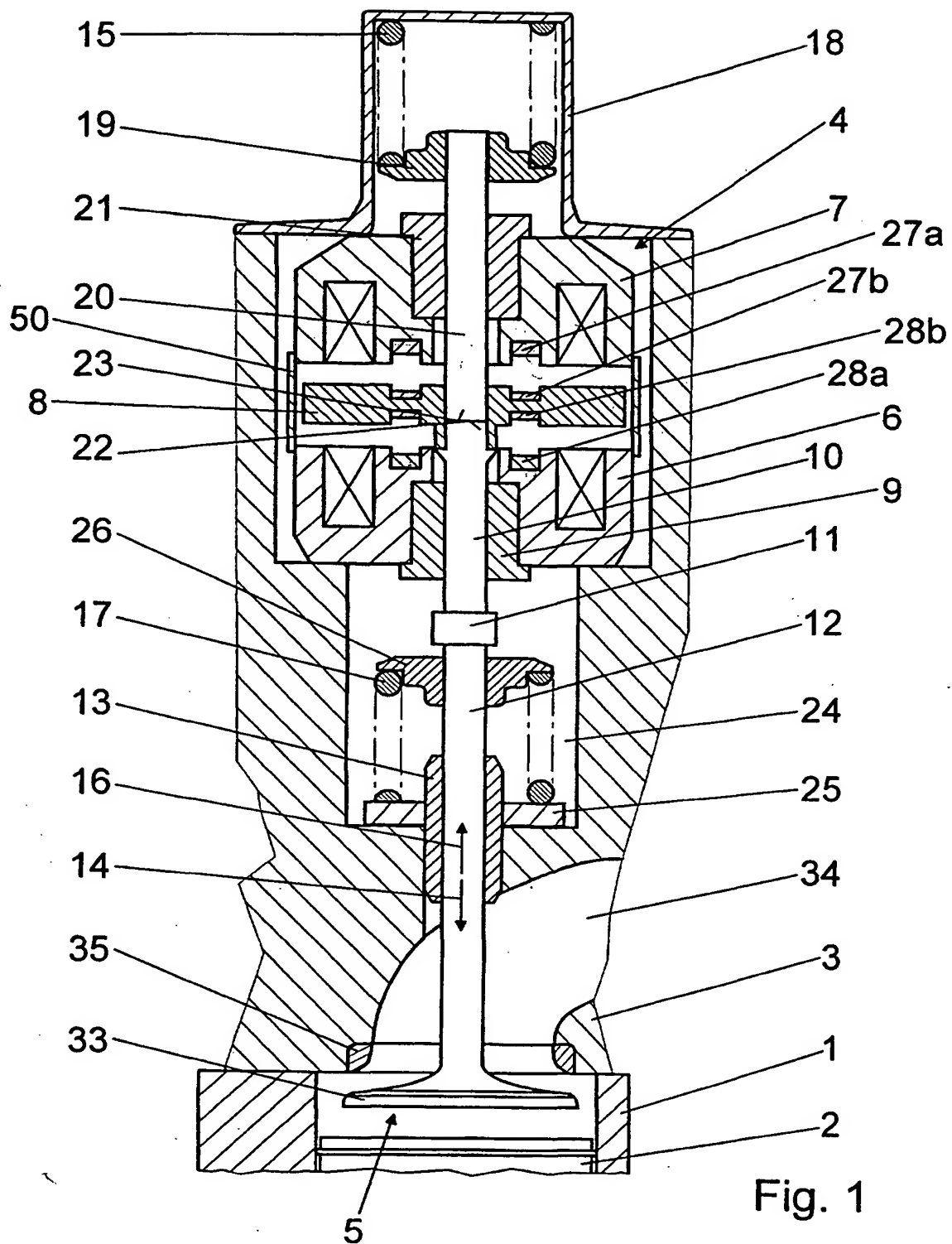
---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -





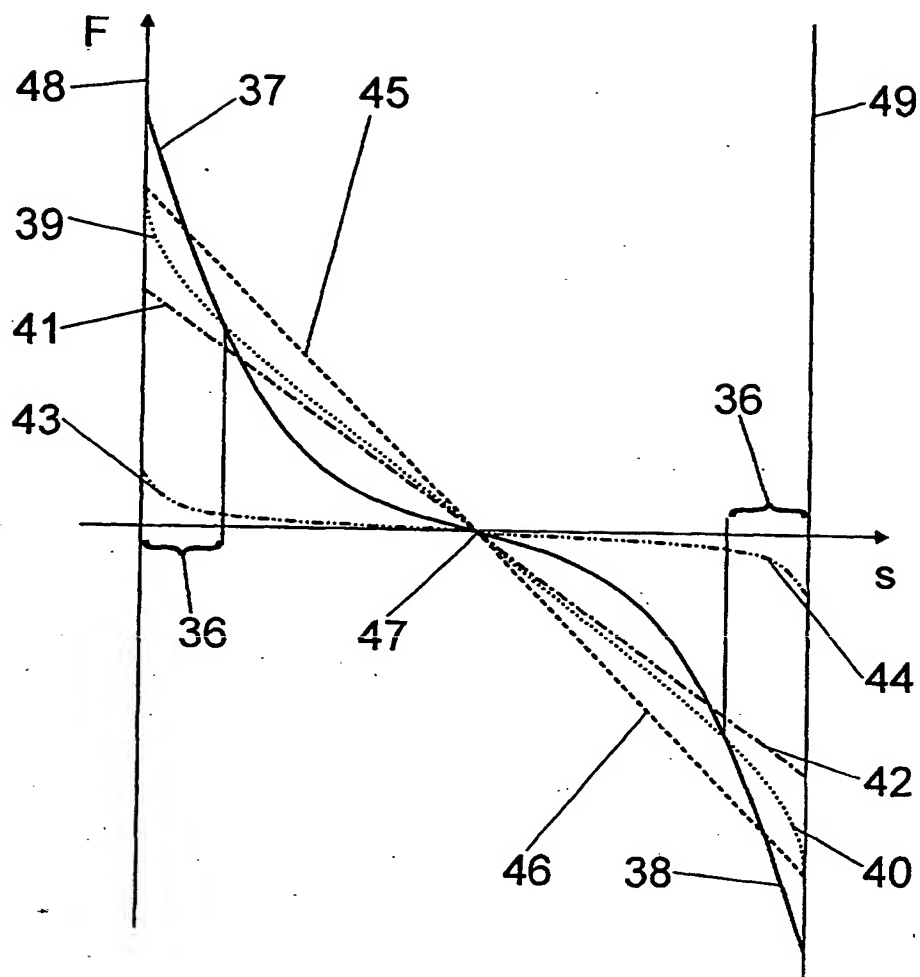


Fig. 2

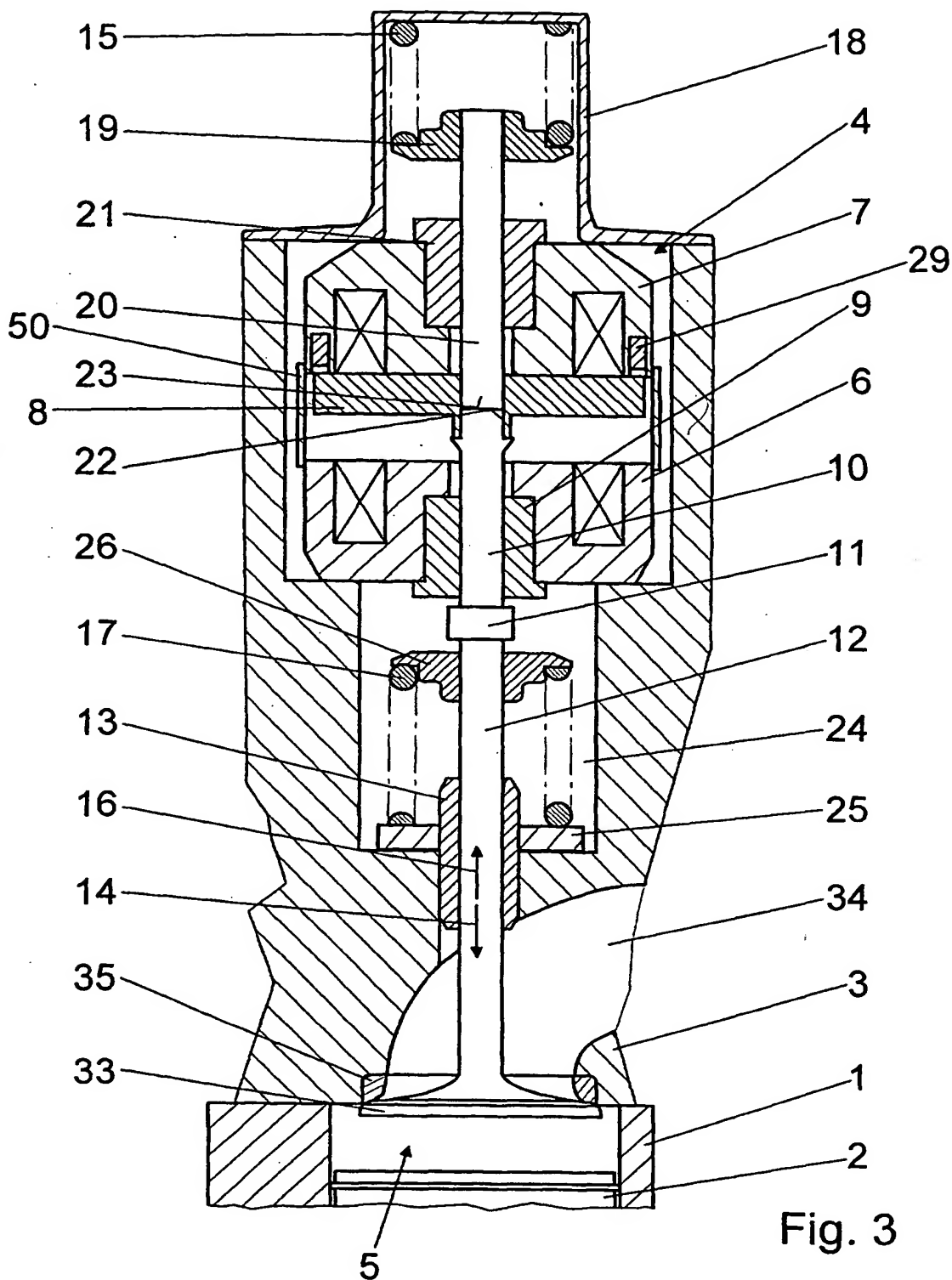


Fig. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

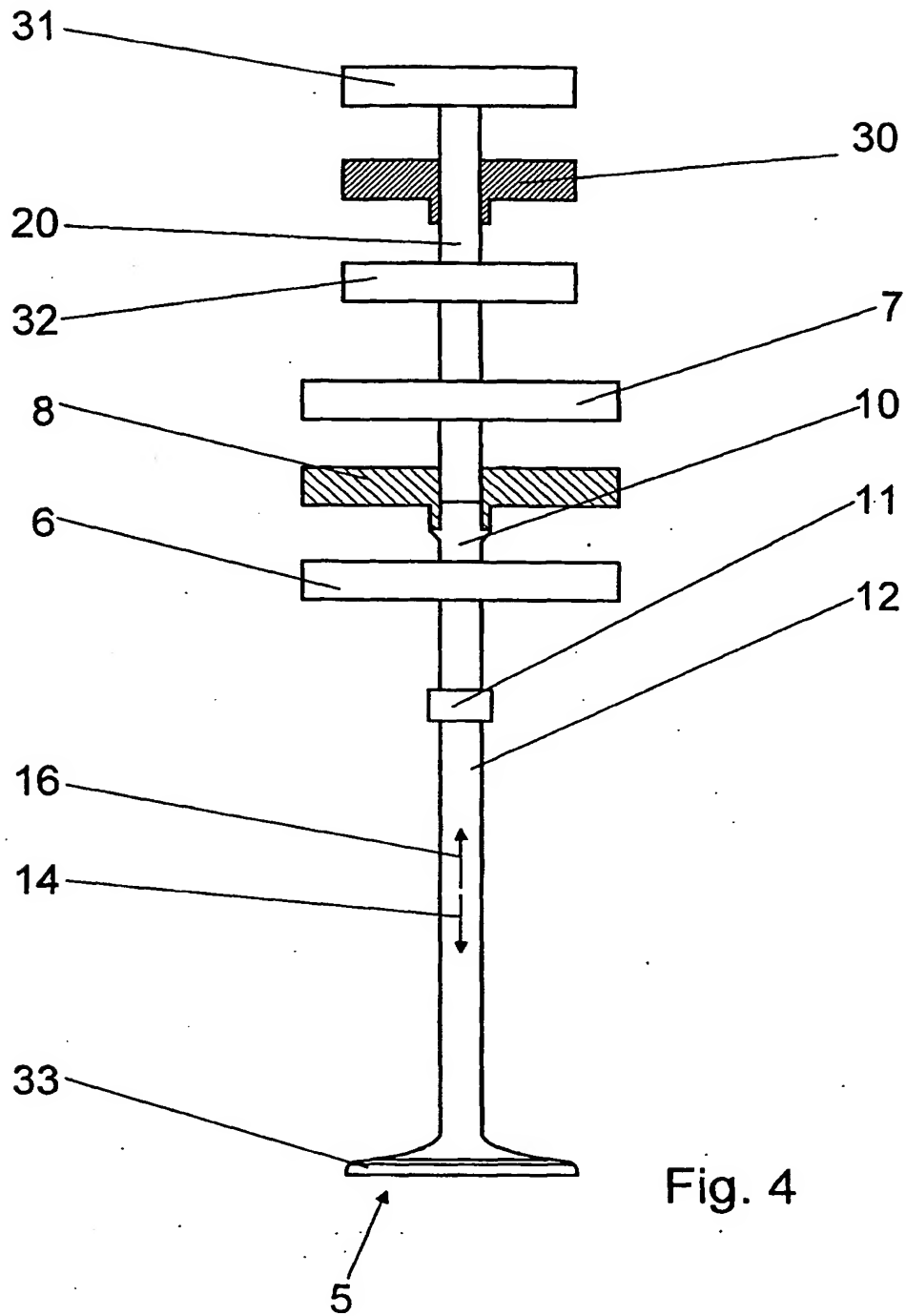


Fig. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**